© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Markierung und Individualerkennung metamorphosierter Amphibien,

unter besonderer Berücksichtigung der im Rahmen des „Amphibienprojekts Donauinsel (Wien)" verwendeten Methodik

von
Robert Jehle

Zusammenfassung

Um spezifische Eigenschaften von Amphibienpopulationen zu erfassen und/oder Lebensgeschichten einzelner Individuen im Freiland aufzuzeichnen, ist in der Regel eine Markierung der Tiere notwendig. Markierungen können entweder ganze Individuengruppen einheitlich kennzeichnen oder auf individueller Basis erfolgen. Im Vergleich mit anderen Wirbeltiergruppen ist es anerkannt schwierig, Amphibien dauerhaft zu markieren. Für Studien, die nicht die gesamte Lebensperiode von Amphibien umfassen, wurden das äußere Anbringen von Farbbändern und Etiketten sowie Tätowierungen und Farbstoffe auf der Haut bereits erfolgreich angewandt. Für die Langzeitstudie auf der Wiener Donauinsel wurden von 1986 bis Sommer 1994 eine Kombination von Phalangenamputation mit Fotografien individueller Fleckenmuster und ab Herbst 1994 das Implantieren von elektronischen Datenträgern („Passive integrierte Transponder") verwendet.

Summary

Marking techniques for postmetamorphic amphibians, with particular reference to the methods applied in the "Amphibian Project Danube Island", Vienna (Austria)

For investigating population traits and individual life histories of amphibian species in the field, it is in most cases inevitable to mark the study animals. Amphibians can be marked as groups or on an individual basis. It is well established that marking amphibians is especially difficult compared to other vertebrates. For investigations which do not cover the whole life-span, tatooing, colour-marking, and attaching colour bands or labels have been successfully applied. In the long-term study at the Danube Island (Vienna), a combination of toe-clipping with photographs of individual colour patterns (1986-1994) and the implantation of electronic tags ("PIT tags", from 1994) were used.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

1. Einleitung

Für populationsbiologische Studien an vielen freilebenden Organismen ist die „Fang-Wiederfang-Methode" eine der grundlegendsten Verfahrensweisen (JOLLY 1965, SOUTHWOOD 1978, BEGON 1979, KREBS 1989, für Amphibien siehe DONNELLY & GUYER 1994). Dabei werden die zu untersuchenden Tiere mehrfach im Freiland gefangen, registriert und wieder freigelassen. Das Verfahren dient entweder dazu, die Größe von Populationen zu errechnen oder die Lebensgeschichten einzelner Individuen aufzuzeichnen. Um einmal erfaßte Individuen bei einem weiteren Fang wiederzuerkennen, ist es oft notwendig, sie bei ihrer Erstregistrierung zu markieren.

Eine der ersten Entscheidungen in der Planungsphase vieler populationsbiologischer Freilandstudien ist die Wahl der bestmöglichen Markierungsmethodik (FERNER 1979, HENLE et al. 1997). Dauer und Ziele der Studie sowie die zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel müssen in die Überlegungen ebenso einfließen wie spezifische Eigenschaften der zu untersuchenden Art (z. B. Größe, Färbung und Gestalt). Eine ideales Verfahren ermöglicht eine sichere Erkennung aller markierten Individuen über einen Zeitraum, der mindestens der gesamten Untersuchungsperiode entspricht, ohne deren Überleben und Verhalten zu beeinflussen. Mit kollektiven Markierungen für eine gesamte Individuengruppe kann man datums- oder populationsbezogene Kenngrößen ermitteln. Individuelle Codierungen besitzen einen größeren Informationsgehalt und sind in der Regel auch wesentlich aufwendiger. Der Vergleich von Wachstumsraten oder Ortsveränderungen einzelner Tiere ist ausschließlich mit einer individuellen Wiedererkennung durchführbar.

Eine Markierung von Amphibien ist aus mehreren Gründen anerkannt sehr problematisch. Viele bei anderen Wirbeltieren gängige Methoden sind bei Amphibien nicht anwendbar. Ein äußeres Anbringen von Markern auf der Haut ist aufgrund lebenslanger periodischer Häutungen nur zeitlich begrenzt möglich, zudem ist die Haut sehr verletzungsanfällig und ein wichtiges Atmungsorgan. Verglichen mit den meisten anderen Wirbeltieren besitzen Amphibien eine eher geringe Größe. Implantate müssen daher sehr kleine Maße besitzen. Vor allem der vollständige Körperumbau während der Metamorphose verhinderte bislang eine zeitlebens beständige Markierung vom Schlüpfen aus dem Ei bis zum individuellen Tod. Aber auch für metamorphosierte Amphibien ist es bislang nicht gelungen, eine Markierungstechnik zu entwickeln, die für eine große Zahl von Individuen über ihre gesamte Lebensdauer zu vollständig irrtumsfreien Ergebnissen führt, ohne die markierten Tiere zu beeinträchtigen.

Eine mögliche Schädigung einzelner Individuen muß aus tierschützerischen Beweggründen bei jeder verwendeten Markierungsmethode vor deren Anwendung in Betracht gezogen werden. Untersuchungen über Veränderungen im Verhalten oder eine Herabsetzung von Überlebensraten durch Markierungen im Freiland erweisen sich aber in der Praxis als sehr schwierig, da ein direkter Vergleich von markierten mit nicht markierten Individuen oft nur in Gefangenschaft möglich ist. Im Rahmen von Freilandstudien wird in der Regel lediglich beschrieben, daß keine offensichtlichen Beeinflussungen durch eine Markierung beobachtet werden konnten. Es ist jedoch sehr wichtig zu betonen, daß eine solche Beobachtung die absolute Harmlosigkeit einer Markierungsmethode auf keinen Fall nachweist.

Im Rahmen der Studie am Endelteich wurden am Donaukammolch (*Triturus dobrogicus*, JEHLE et al. 1995, ELLINGER & JEHLE 1997, JEHLE et al. 1997) und an der Knoblauchkröte

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

(*Pelobates fuscus*, JEHLE et al. 1995, WIENER 1997a, b) zwei unterschiedliche Verfahrensweisen zur Individualerkennung angewandt. Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, neben einem allgemeinen Überblick der bei Amphibien verwendete Markierungsmethoden, die angewandten Techniken, das Erfassen von variablen Fleckenmustern sowie das Implantieren von elektronischen Datenträgern, genau zu charakterisieren und miteinander zu vergleichen

2. Überblick über bei metamorphosierten Amphibien verwendete Markierungsmethoden

Eine Auflistung über einige wichtige Studien zur Beschreibung und Evaluierung von bei Amphibien verwendete Markierungsmethoden unter besonderer Berücksichtigung der einheimischen Arten bietet Tabelle 1. HENLE et al. (1997) geben eine noch detailliertere Übersicht.

Tabelle 1: Übersicht über einige Studien zur Beschreibung und/oder Evaluierung der gängigsten Markierungsmethoden für metamorphosierte Amphibien.

Some studies on the description and/or evaluation of commonly used marking methods for metamorphosed amphibians.

MARKIERUNGSMETHODE	ART	ANWENDUNGSDAUER max. 1-2 Jahre	ANWENDUNGSDAUER lebenslang	LITERATUR
Gruppenmarkierung				
Phalangenamputation	Erdkröte (*B. bufo*)		●	GELDER & STRIJBOSCH 1996
	Kreuzkröte (*B. calamita*)		●	GOLAY & DURER 1994
	Kammolch (*T. cristatus*)	●		ANDREONE 1986
Implantation v. Metallplättchen	Kreuzkröte (*B. calamita*)		●	SINSCH 1992
Individuelle Markierung				
Phalangenamputation	–		●	HERO 1989
	Rana clamitans			MARTOF 1953
Fluoreszierende Farbstoffe	*Plethodon jordani*	●		NISHIKAWA & SERVICE 1988
Tätowierungen	Bergmolch (*T. alpestris*)	●		JOLY & MIAUD 1990
Abbildung des Fleckenmusters	Kammolch (*T. cristatus*)		●	HAGSTRÖM 1973
	Donaukammolch (*T. dobrogicus*)		●	diese Arbeit
	Knoblauchkröte (*P. fuscus*)		●	dieser Arbeit
Autotransplantation	Bergmolch (*T. alpestris*)		●*	RAFINSKI 1977
Knie-Etiketten	Grasfrosch (*R. temporaria*)	●		ELMBERG 1989
	Erdkröte (*B. bufo*)	●		KUHN 1994
Passive Integrierte Transponder	Kreuzkröte (*B. calamita*)		●*	SINSCH 1992
	Kamm-, Bergmolch (*T. carnifex, T. alpestris*)		●*	FASOLA et. al 1992
	Bergmolch (*T. alpestris*)		●*	FABER 1997
	Donaukammolch (*T. dobrogicus*)	●*		JEHLE & HÖDL, Ms eingereicht
	Knoblauchkröte (*P. fuscus*)		●*	JEHLE & HÖDL, Ms eingereicht

*: nicht oder nur sehr bedingt für Tiere im Juvenilstadium geeignet

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

2.1. Phalangenamputation

Die bisher am häufigsten angewandte Markierungsmethode für Amphibien ist die Phalangenamputation (einen Überblick geben auch DONNELLY et al. 1994). Mit dieser Methodik wurde eine Vielzahl von Studien durchgeführt, die maßgeblich zum derzeitigen Wissensstand über die Lebensweise dieser Tiergruppe beitrugen (z. B. MARTOF 1953, BERVEN 1990, PECHMANN et al. 1991). Es werden entweder einzelne Phalangen für Gruppenmarkierungen entfernt, oder ein für jedes Tier unterschiedliches Codierungssystem verwendet, das auf unterschiedlichen Kombinationen der Zahl und Lage der amputierten Phalangen beruht (MARTOF 1953, HERO 1989). Der Hauptvorteil der Phalangenamputation liegt in der Tatsache, daß sie sehr preiswert und zeiteffizient ist. Die abgetrennten Phalangen können zudem je nach Bedarf für Altersbestimmungen durch das Zählen von Wachstumsringen im Knochenquerschnitt („Skelettochronologie", SMIRINA 1972, CASTANET 1975), oder zur Gewinnung von Gewebeproben für genetische Untersuchungsmethoden wie Proteinelektrophoresen und DNA-Analysen verwendet werden (GONSER & COLLURA 1996).

Obwohl die Phalangenamputation aus ethischen Gründen nicht ganz unumstritten ist, sprechen die meisten Studien zu deren Evaluierung von keinerlei negativen Einflüssen auf Verhalten oder Überleben von markierten Individuen (VAN GELDER & RIJSDIJK 1987, KUHN 1994, VAN GELDER & STRIJBOSCH 1996, u. a.). Probleme wie höhere Mortalitätsraten, Infektionen der Wunden und Beeinträchtigungen im Verhalten können nicht außer acht gelassen werden, wurden jedoch nur in Einzelfällen beobachtet. Eine geringere Wiederfangwahrscheinlichkeit phalangenamputierter Individuen konnte im Rahmen von Studien mit der amerikanischen Kröte *Bufo woodhousei* (CLARKE 1972) und der heimischen Erdkröte (*B. bufo,* CASTELLANO & GIACOMA 1993) nachgewiesen werden. Der australische Frosch *Crinia signifera* zeigt keine erniedrigten Überlebensraten durch Phalangenamputation, frisch phalangenamputierte Individuen wanderten aber vermehrt temporär vom Laichgewässer ab (LEMCKERT 1996). Für die heimische Kreuzkröte (*B. calamita*) liegen Befunde über Entzündungen von durch Phalangenamputation verursachte Wunden vor (GOLAY & DURRER 1994). Die potentielle Infektionsgefahr kann unter Umständen mit einem Desinfektionsmittel wesentlich verringert werden. Bei Froschlurchen haben die proximalen Finger eine wichtige Funktion beim Amplexus, da die Männchen sich mit den darauf befindlichen Schwielen am Weibchen festklammern. Eine Abtrennung distaler Finger ist daher eher vertretbar (SCHRAMM 1992).

Einheimische Molche besitzen die Fähigkeit, ganze Extremitäten vollständig zu regenerieren. Verlorene Finger oder Zehen wachsen in relativ kurzer Zeit wieder nach, eine Markierung von Molchen durch Phalangenamputation ist lediglich bis zu einem Zeitraum von maximal einer Reproduktionsperiode möglich (ANDREONE 1986, persönliche Beobachtung).

2. 2. Farbstoffe, Etiketten und Tätowierungen: weitere Markierungsmethoden

Eine Möglichkeit der Markierung von Amphibien ohne große Eingriffe ist das äußere Anbringen von Markern. Frühe Untersuchungen wurden mit elastischen Bändern um die Hüfte durchgeführt, die mit individuellen Farbabfolgen versehen wurden (EMLEN 1968). Die Knie-Ring-

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

fähnchen von READING & CLARKE (1983) bestanden aus PVC-Streifen, die um das Bein gelegt und zusammengeklammert wurden. ELMBERG (1989) berichtet in seinen Studien am Grasfrosch (*Rana temporaria*) von guten Ergebnissen mit Plastikplättchen mit Nummerncode, die mit einem Kunststoffband auf Kniehöhe am Hinterbein befestigt werden. KUHN (1995) verwendete bei der Erdkröte, als Weiterentwicklung dieser Technik, Knie-Ringetiketten aus Selbstklebefolie. Eigens angefertigte Stanzformen aus Weichkunststoff-Folien, beschriftet mit wasserfestem Filzstift, wurden knapp unterhalb des Knies befestigt. Potentielle negative Einflüsse durch Hängenbleiben in der Vegetation, Blutstau oder größere Auffälligkeit für Freßfeinde durch die farbenfrohen Bänder wurden nicht festgestellt. Zusammenfassend ist das äußere Anbringen von Etiketten für Studien über maximal eine Reproduktionsperiode sicher zu empfehlen, jedoch für eine Markierung über die gesamte post-metamorphe Lebensphase aufgrund von individuellem Wachstum, Häutungen der Tiere und Verschleißerscheinungen der angebrachten Markierungen nicht geeignet.

Fluoreszierende Farbstoffe, angebracht auf der Haut, ergeben für kürzere Untersuchungszeiträume ebenfalls gute Ergebnisse. Die Tiere müssen zur Identifikation nicht gefangen werden, da ein Sichtkontakt aus mehreren Metern Entfernung genügt. Landlebende nordamerikanische Salamander wurden damit bis zu zwei Jahre nach der Markierung wieder registriert (NISHIKAWA & SERVICE 1988), andere Autoren berichten von einer Haltbarkeit von mindestens fünf Monaten (TAYLOR & DEEGAN 1982).

Tätowierungen wurden sowohl bei Frosch- als auch bei Schwanzlurchen bereits angewandt (KAPLAN 1959, PINTAR 1982, JOLY & MIAUD 1989). Der Farbstoff wird mit einem Tätowiergerät unter die Haut injiziert, entweder als Gruppenmarkierung oder mit einem individuellen Code von Farbpunkten. Die zu untersuchende Art muß eine helle Haut besitzen, damit sich der Farbstoff vom Untergrund abhebt. Die Markierungen sind oft nicht zeitlebens sichtbar.

Eine dauerhaftere Markierungsmethode ist die Autotransplantation von Hautstückchen. RAFINSKI (1977) transplantierte beim Bergmolch (*Triturus alpestris*) in einem individuell unterschiedlich codierten Muster kleine Hautteile von der dunklen Oberseite auf die helle Unterseite der Tiere und umgekehrt. Diese Methode ist sehr preisgünstig, jedoch zeitaufwendig, nur bedingt vor Ort im Freiland und lediglich bei kleineren Populationen farbenfroher Arten anwendbar.

Versuche mit Tieftemperaturmarkierungen führten bei Froschlurchen, jedoch nicht bei Schwanzlurchen, zu zufriedenstellenden Ergebnissen (GEIGER et al. 1982, KLEWEN & WINTER 1987). Brandmarken, die Narben auf der Haut als Markierungen zurücklassen, erwiesen sich als nur für kürzere Studien anwendbar, da sie nach wenigen Monaten wieder verschwinden (CLARK 1971). Bei der Erdköte wurden für diese Technik auch negative Einflüsse bis hin zu letalen Folgen nachgewiesen (KUHN 1994).

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

3. Markierungsmethoden und Individualerkennung im Rahmen des „Amphibienprojekts Donauinsel"

Die in diesem Band vorgestellte Studie am Endelteich (Donauinsel, Wien) beinhaltet hauptsächlich Aspekte zur Langzeitdynamik von Amphibienpopulationen. Es kamen daher ausschließlich Methoden zum Zug, die ab der Metamorphose eine lebenslange Wiedererkennung garantieren. Zudem wurde auf eine individuelle Markierung aller registrierten Individuen zweier Arten Wert gelegt.

3.1. Phalangenamputation

Am Endelteich wurde bei den meisten Arten (Ausnahme: Laubfrosch, *Hyla arborea*) bis 1993 jeweils eine jahresspezifischer Phalanx amputiert. In diesem Jahr noch nicht erfaßte Tiere können dadurch von bereits registrierten Tieren sofort nach dem Fang unterschieden werden, der Arbeitsaufwand beim Kontrollieren der Abbildung der Fleckenmuster (siehe unten) wird dadurch wesentlich verringert. Von einer individuellen Markierung mit Phalangenamputation, für die das Abtrennen von mehreren Fingern bzw. Zehen notwendig wäre, wurde abgesehen.

3.2. Abbildungen des variablen Fleckenmusters

Eine Markierungsmethode, die abgesehen von einer Handhabung der Tiere keinen physischen Eingriff benötigt, ist das bildliche Erfassen von individuell variablen Fleckenmustern (Abb. 1-4). Diese Methodik wurde bereits vor mehr als 40 Jahren angewandt (NILSSON 1955), und ist spätestens seit der genauen Beschreibung und Evaluierung durch HAGSTRÖM (1973, am Kammolch, *T. cristatus*) zu einer Standardmethodik geworden. Dieses Verfahren ist lediglich bei Amphibienarten anwendbar, die ein solches variables Muster besitzen, führt aber bei überschaubaren Populationsgrößen (siehe unten) in den meisten Fällen zu einwandfreien Ergeb-

Abb. 1: Dieser subadulte Donaukammolch wurde am 10. 4. 1996 gefangen und fotografiert. Da dieses Tier bereits 1995 (als juveniles Tier, Nr. 3896) registriert wurde, konnte es durch den Vergleich seines Bauchmusters mit allen bisher fotografisch festgehaltenen Donaukammolche eindeutig wiedererkannt werden. Unter 15 ausgewählten Juvenilfängen des Jahres 1995 ist dieses Individuum in Abb. 2 wiederzufinden.
Foto: A.-M. Fürnsinn

This subadult Danube crested newt was caught and photographed on 10 April 1996. Since this individual had been registered already in 1995 (as juvenile, No. 3896) it could be clearly identified by comparing its belly pattern with the ventral colouration of all previously documented individuals. In Fig. 2 it can be found among 15 selected juveniles from 1995.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

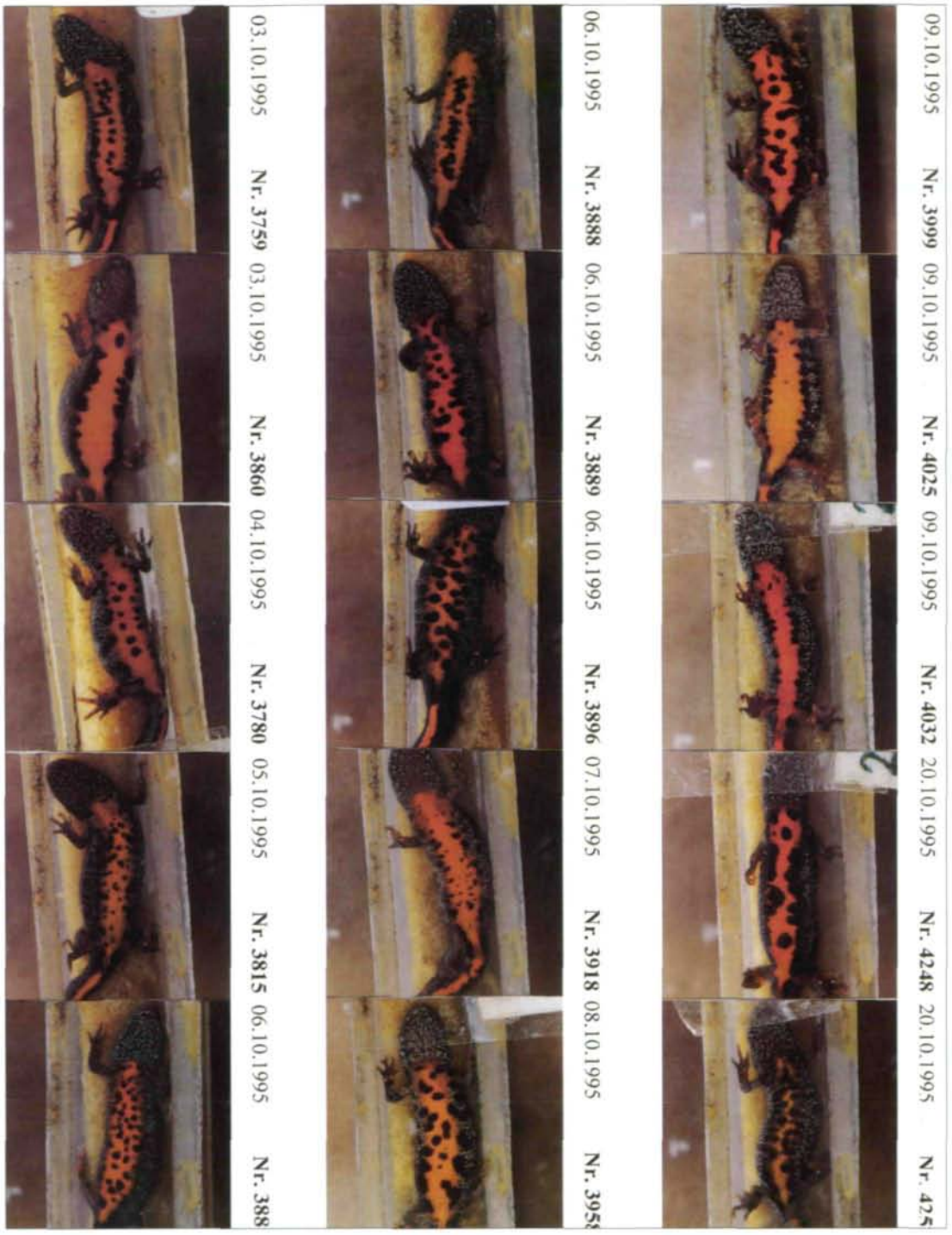

Abb. 2: Anhand des variablen Bauchmusters können Donaukammolche (*Triturus dobrogicus*) individuell unterschieden werden (rechts neben dem Tier: Fangdatum und Individualnummer).
Zusammenstellung der Fotos: A.-M. Fürnsinn und I. Hutterer

Photographs of the variable belly pattern of Danube crested newts (*Triturus dobrogicus*) are used for individual identification. Date of capture and registration number are given for each individual.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

nissen. Am Endelteich dienen Fotografien der Bauchfleckung des Donaukammolches (*T. dobrogicus*) und des Rückenmusters der Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*, Abb. 3 und 4) zur individuellen Erkennung dieser beiden Arten.

Um die Abbildungen zu erhalten, verwenden wir ein Stativ, auf dem eine Kamera und eine Klemmvorrichtung, die auf einer Schiene beweglich ist, befestigt sind (nach SEIDEL 1988). Auf dieser Vorrichtung werden die Tiere so fixiert, daß ihre Ober- bzw. Unterseite auf einer Plexiglasscheibe zu liegen kommt, bevor sie von der Kamera abgelichtet werden (Abb. 5). Kleine Donaukammolche werden zwecks besserer Handhabung in eine eigens angefertigte Plexiglasschiene gegeben. Vom Frühjahr 1986 bis zum Sommer 1992 wurden die Fotografien durch eine Sofortbildkamera erhalten, die in der Folge durch eine Spiegelreflexkamera mit handelsüblichem Kleinbildfilm ersetzt wurde. Der Hauptvorteil eines Kleinbildfilmes liegt in den wesentlich niedriger liegenden Filmkosten, eine bessere Bildqualität garantiert zudem für eine leichter auswertbare Abbildung der Bauchfleckung. Die Vorzüge der Sofortbildkamera hingegen liegen besonders in der unmittelbaren Kontrollierbarkeit der Fotografien durch deren sofortige Verfügbarkeit, die erhaltenen Abbildungen von Wiederfängen können zudem umgehend mit den bereits zuvor erhaltenen Abbildungen verglichen werden.

Beim Donaukammolch muß beachtet werden, daß seine Fleckung im Lauf des Lebens einer gewissen Dynamik unterliegt. Die dunklen Flecken auf der hellen Bauchseite haben die Tendenz, sich zu vergrößern, und können unter Umständen mit anderen, nahe beieinanderliegende Flecken verwachsen (KORINEK 1990, ARNTZEN & TEUNIS 1993). Bei einem jährlichen Erscheinen am Untersuchungsgewässer ist eine eindeutige Identifikation dennoch gewährleistet. Bei sehr wenigen Fällen, in denen die Tiere im Jugendstadium eine oder zwei Saisonen lang nicht erfaßt wurden, ist eine „Nichtwiedererkennung" möglich.

Als Alternative zum fotografischen Abbild des Fleckenmusters ist eine Registrierung mit Fotokopien möglich (GLANDT 1980). GUTLEB (1991) entwickelte für seine Studien am Bergmolch (*T. alpestris*) in Kärnten einen individuellen Zahlencode, indem er die Zahl der auf bestimmten Körperpartien vorhandenen Flecken miteinander verglich. Ein ähnliches System verwendete auch LOAFMAN (1991) beim nordamerikanischen Salamander *Ambystoma maculatum*.

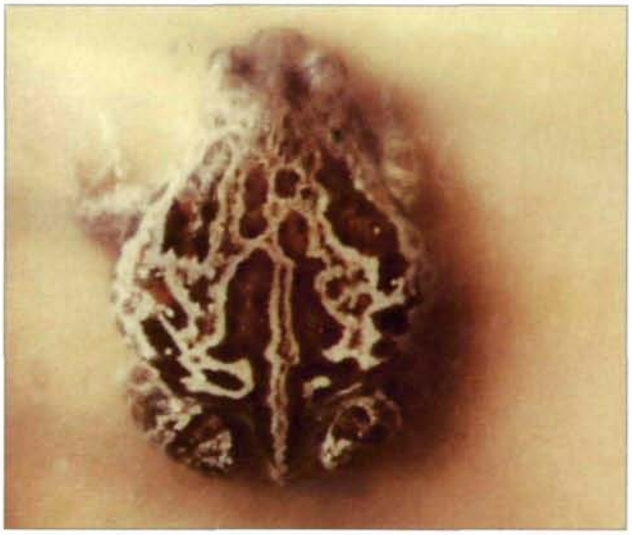

Abb. 3: Diese weibliche Knoblauchkröte wurde im Frühjahr 1994 gefangen und fotografiert. Das Weibchen wurde im Jahr 1991 als juveniles Tier erstmals registriert und fotografisch festgehalten. In der Abb. 4 ist die Fotografie des damals frisch metamorphisierten Jungtieres neben Fotos von 14 weiteren Individuen zu finden. Ein Vergleich der Rückenmuster ermöglicht eine eindeutige Zuordnung. Foto: S. Greßler

This female common spadefoot toad was caught and photographed in spring 1994. It was registered and photographed for the first time as juvenile in 1991. In Fig. 4, the photograph of this by then just recently metamorphosed juvenile can be found among 14 other individuals. The comparison of the dorsal pattern allows a clear identification.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 4: Das variable Rückenmuster der Knoblauchkröte (*Pelobates fuscus*) ermöglicht die Individualerkennung (rechts neben dem abgebildeten Tier: Fangdatum und Individualnummer).
Zusammenstellung der Fotos: A.-M. Fürnsinn und I. Hutterer

Photographs of the dorsal pattern of the common spadefoot toad (*Pelobates fuscus*) are used for individual identification. Date of capture and registration number are given for each individual.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

3. 3. Passive integrierte Transponder

In den letzten Untersuchungsjahren zeigte sich, daß eine Individualerkennung mittels Fotografien im Lauf der Zeit immer zeitintensiver wurde, da die Zahl der vorhandenen Fotos, mit denen neu erhaltene Abbildungen verglichen werden müssen, ständig stieg. Nach HAGSTRÖM (1983) verläuft die Grenze der Rentabilität für einen Bearbeiter bei einer Populationsgröße von ca. 100 Adulttieren und fünf Untersuchungsjahren. Diese Grenze wurde am Endelteich für die Knoblauchkröte bereits 1990 und für den Donaukammolch im Jahr 1991 überschritten. Seit September 1994 sind die Bearbeiter daher sukzessive dazu übergegangen, diese Methode zu ersetzen.

Eine erst in den letzten Jahren bei Amphibien verwendete Markierungsmethode ist das Implantieren von „Passiven Integrierten Transpondern" („PIT-tags"), die aus einem in Glas eingegossenen Datenträger mit Magnetspule bestehen (Abb. 6). Sie besitzen eine Länge von ca. 12 mm, einen Durchmesser von ca. 2,1 mm und wiegen 0,06 Gramm. Ein alphanumerischer Code kann über ein elektromagnetisches Feld von außen mit einem Handlesegerät (Abb. 7) bei einer maximalen Distanz von ca. 25 cm abgelesen werden. Der Datenträger wird über dieses Feld aktiviert und übermittelt seinen Code zum Lesegerät. Der implantierte Transponder selbst besitzt keine Energiequelle und hat daher eine zumindest theoretisch unbegrenzte Lebensdauer. Es besteht die Möglichkeit, bis zu 300 Ablesungen im Handlesegerät zu speichern. Über ein Datenübertragungskabel können die Daten direkt in einen handelsüblichen PC übertragen werden. Eine zehnstellige Nummern- bzw. Zahlenkombination garantiert ca. 34 Milliarden (!) möglicher Codes.

Das Markieren von Amphibien mit Transpondern (Fa. Trovan, geliefert über Fa. Datatronic, Wiener Neustadt) wurde am Endelteich ab August 1994 eingeführt, als untere Grenze für eine Implantation wurde ein Körpergewicht von zwei Gramm gesetzt (nach FASOLA et al. 1993). Vor der Implantation werden die Tiere mit dem Pharmazeutikum MS 222 (Ethyl-m-Aminobenzoat-Methanosulfonat, Fa. Sandoz), das zum Betäuben von kaltblütigen Wirbeltieren regelmäßige Anwendung findet, anästhesiert. Die Tiere werden in ein Gefäß mit dieser Lösung im Verhältnis von MS 222 und Wasser von 1:1000 gegeben, das Betäubungsmittel wird direkt über die Haut aufgenommen. Die Transponder selbst werden mit sterilen, einzeln verpackten Injektionskanülen implantiert, die auf einen Injektor aufgesetzt werden (Abb. 8). Bei den Knoblauchkröten erfolgt die Implantation in die seitlichen Lymphräume, beim Donaukammolch werden sie direkt in die Bauchhöhle injiziert. Die entstandene Wunde wird sodann mit Gewebekleber für veterinärmedizinische Zwecke (VetSeal) verschlossen (nach FABER 1997, persönliche Mitteilung).

Transponder als Tieridentifikationssystem werden von der internationalen „Captive Breeding Specialist Group" (CBSG) als Weltstandard empfohlen und finden bei Wirbeltieren und sogar Krebstieren in zoologischen Gärten und Tierzuchtanstalten sowie für veterinärmedizinische Zwecke bereits zahlreiche Anwendungen (BEHLERT & JES 1994). Trotzdem liegen noch kaum längerfristige Erfahrungen für Freilandstudien mit Amphibien vor. Eine erste Empfehlung einer Anwendung für diese Tiergruppe wurde Ende der 80-er Jahre ausgesprochen (CAMPER & DIXON 1988). Eine Beschreibung dieser Methodik für populationsbiologische Freilandstudien an europäischen Arten erfolgte anhand der Kreuzkröte (*B. calamita*, SINSCH 1992), eine Anwendung wird ab einer Kopf-Rumpf-Länge von 30 mm empfohlen. Befunde im Aquarium

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 5: Vorrichtung zum Abfotografieren der erfaßten Individuen. Foto: A. Pauli-Thonke

Device for "pattern mapping".

Abb. 6: Passiver Integrierter Transponder (aus JEHLE 1996). Foto: R. Jehle

Passive Integrated Transponder (from JEHLE 1996).

Abb. 7: Handlesegerät für passive integrierte Transponder. Foto: R. Jehle

Reader for PIT tags.

Abb. 8: Anästhesierter Donaukammmolch (*Triturus dobrogicus*) mit Injektor. Foto: J. Tamnig

Anesthesized Danube crested newt (*Triturus dobrogicus*) with injector.

bzw. in einem Gartenteich beschreiben eine über sechs Monate von einer Kontrollgruppe nicht abweichende Gewichtszunahme bei Alpenkammolchen (*T. carnifex*) und Bergmolchen (*T. alpestris*), eine Anwendung wird ab einem Körpergewicht von zwei Gramm empfohlen, von Anwendungen bei Larven wird abgeraten (FASOLA et al. 1993). Ergebnisse einer Langzeitstudie am Bergmolch (*T. alpestris*) im Toten Gebirge (Steiermark) deuten auf eine problemlose und sichere Anwendung von Transpondern hin (FABER 1997). Leicht geringere Wachstumszunahmen wurden im Terrarium nach Transponderimplantationen bei einigen Exemplaren der nordamerikanischen Kröte *B. woodhousei* nachgewiesen, kein diesbezüglicher Effekt wurde hingegen für eine zweite Art (*B. boreas*) beobachtet (CORN

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

1992). HENLE et al. (1997) raten zu einer sehr vorsichtigen Anwendung von Transpondern. Ihre Empfehlung, daß Transponder bei Molchen operativ und nicht mittels Injektionskanüle implantiert werden sollen, kann durch unsere Erfahrungen jedoch nicht bestätigt werden. Eine Untersuchung von Überlebens- und Wachstumsraten freilebender Frösche und Kröten konnte keine negativen Einflüsse nachweisen (BROWN 1997). Die Studie auf der Donauinsel bietet ebenfalls die Möglichkeit, diese Parameter zwischen Individuen ohne Implantaten (bis 1994) mit transponderbestückten Tieren (ab 1994) zu vergleichen (JEHLE & HÖDL, MS eingereicht).

Über Reptilien liegen bereits etwas detailliertere Erfahrungswerte vor als für Amphibien. Für nordamerikanische Schlangen konnten keine negative Einflüsse auf Wachstum und Mobilität nachgewiesen werden (KECK 1994, JEMISON et al. 1995). Im Rahmen einer Studie an einer Eidechsenpopulation wird, über eine Zeitraum von mehr als drei Jahren, von Verlusten oder Defekten von 4,1% aller implantierten Transponder berichtet (GERMANO & WILLIAMS 1993), eine negative Beeinflussung der Individuen wurde nicht beobachtet. Ein zusätzlicher Vorteil der Transpondermarkierung beruht auf der Tatsache, daß Transponder über den individuellen Tod hinaus ihre Funktionsfähigkeit behalten und dadurch z. B. markierte Amphibien im Magen-Darmtrakt von Schlangen identifiziert werden können (READING & DAVIES 1996, WIENER & CABELA 1997).

Der größte Nachteile des Transpondersystems liegt in den großen Kosten (derzeit ca. ATS 60.–/Transponder). Für eine Kosten-Nutzen-Rechnung liegt der Schluß nahe, daß sich eine Transponderimplantation um so mehr rentiert, je öfter ein Tier im Mittel wiedergefangen wird: Werden zum Beispiel einmal markierte Tiere im Mittel noch dreimal registriert, „kostet" ein Datenpunkt (= eine Wiedererkennung) ATS 20.–, werden hingegen nur 10% aller markierten Individuen einmal wiedergefangen, belaufen sich die entsprechenden Kosten auf das 30-fache (ATS 600.–) und sprengen den Rahmen jeglicher Rentabilität. Bei großen Populationen mit mehreren hundert Individuen wiederum wird die Hauptalternative einer individuellen Langzeit-Identifikation – das Registrieren und Vergleichen von Fleckenmustern – sehr zeitaufwendig (siehe oben); zudem besitzt nur ein Teil der Arten solche individuellen Muster. Je nach Effizienz der Fangmethodik, Langlebigkeit der Tiere und Größe der Population muß die bestmögliche Alternative gewählt werden, aufgrund der Ergebnisse einer Modellrechnung werden Transponder vor allem für Langzeitstudien über mindestens drei bis fünf Jahre und/oder für sehr große Populationen empfohlen (ARNTZEN, JEHLE & HALLEY, in Vorbereitung).

Danksagung

Während der Vorbereitung des Manuskripts wurde der Autor vom Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (FWF Projekt Nr. P-11852 BIO, Projektleiter: W. Hödl) und von der Kommission für interdisziplinäre ökologische Studien der österreichischen Akademie der Wissenschaften finanziell unterstützt.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

Literatur

ANDREONE F. (1986): Consideration on marking methods of newts with particular reference to a variation of the belly pattern technique. British Herpetological Society Bulletin **16**: 36-37.

ARNTZEN J. W. & TEUNIS S. F. M. (1993): A six-year study on population dynamics of the crested newt (*Triturus cristatus*) following the colonisation of a newly created pond. Herpetological Journal **3**: 99-110.

BEGON M. (1979): Investigating Animal Abundance: Capture Recapture for Biologists. Eduard Arnold, London.

BEHLERT O. & JES H. (1994): Erfahrungen mit einem elektronischen Identifikationssystem im Kölner Zoo. In: Injektate zur elektronischen Tieridentifizierung, KTBL Schriften **1994**: 94-97.

BROWN L. (1997): An evaluation of some marking and trapping techniques currently used in the study of anuran population dynamics. Journal of Herpetology **31**: 410-419.

BERVEN, K. A. (1990): Factors affecting population fluctuations in larval and adult stages of the wood frog (*Rana sylvatica*). Ecology **71**: 1599-1608.

CAMPER J. D. & J. R. DIXON (1988): Evaluation of a microchip marking system for amphibians and reptiles. Texas Parks and Wildlife Departement, Research Publication 7100-59: 1–22.

CASTANET J. (1975): Quelques observations sur la présence et la structure des marques scelettiques de croissance chez les Amphibiens. Bulletin de la Societé Zoologique Française **100**: 603-620.

CASTELLANO S. & C. GIACOMA (1993): A comparison of indvidual marking techniques applied to the study of wild populations of *Bufo bufo*. Supplimento Ricerche di Biologia della Selvaggina **21**: 685-692.

CLARK D. R. (1971): Branding as a marking technique for amphibians and reptiles. Copeia **1971**: 148-151.

CLARKE R. D. (1972): The effect of toe-clipping on survival in Fowler´s toad (*Bufo woodhousei fowleri*). Copeia **1972**: 182-185.

CORN P. S. (1992): Laboratory and field evaluation of effects of PIT tags. Froglog **4**:2.

DONNELLY M. A. & C. GUYER (1994): Mark-recapture. In: HEYER W. R., DONNELLY M. A., MCDIARMID R. W., HAYEK L. & M. S. FOSTER (Hrsg.): Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 183-200.

DONNELLY M. A., GUYER C., JUTERBOCK J. E. & R. A. ALFORD (1994): Techniques for marking amphibians. In: HEYER W. R., DONNELLY M. A., MCDIARMID R. W., HAYEK L. & M. S. FOSTER (Hrsg.): Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians. Smithsonian Institution Press, Washington, pp. 277-284.

ELMBERG J. (1989): Knee-tagging – a new marking technique for amphibians. Amphibia-Reptilia **10**: 101-104.

EMLEN S. T. (1986): A technique for marking anuran amphibians for behavioural studies. Herpetologica **24**: 172-173.

FABER H. (1997): Der Einsatz von passiven integrierten Transpondern zur individuellen Markierung von Bergmolchen (*Triturus alpestris*) im Freiland. In: HENLE K. & M. VEITH (Hrsg.): Naturschutzrelevante Methoden der Feldherpetologie. Mertensiella **7**, pp. 121-132.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

FASOLA M., BARBIERI F. & L. CANOVA (1993): Test of an electronic individual tag for newts. Herpetological Journal **3**: 149-150.

FERNER J. W. (1979): A review of marking techniques for amphibians and reptiles. Herpetological Circular **9**: 1-41.

GEIGER A., KLEWEN R. & M. NIEKISCH (1982): Beitrag zur Tiefentemperaturmarkierung von Amphibien im Freiland. Salamandra **18**: 41-48.

GELDER J. J. VAN & G. RIJSDIJK (1987): Unequal catchability of male *Bufo bufo* within breeding populations. Holarctic Ecology **10**: 90-94.

GELDER J. J. VAN & H. STRIJBOSCH (1996): Marking amphibians: effects of toe-clipping on *Bufo bufo*. Amphibia-Reptilia **17**: 169-174.

GERMANO D. J. & D. F. WILLIAMS (1993): Field evaluations of using passive integrated transponder (PIT) tags to permanently mark lizards. Herpetological Review **24**: 54-56.

GLANDT D. (1980): Naßkopierverfahren: eine preiswerte Schnellmethode zur Registrierung des ventralen Fleckenmusters bei *Triturus cristatus*. Salamandra **16**: 181-183.

GOLAY N. & H. DURRER (1994): Inflammation due to toe-clipping in natterjack toads (*Bufo calamita*). Amphibia-Reptilia **15**: 81-83.

GONSER R. A. & COLLURA R. V. (1996): Waste not, want not: Toe clips as a source of DNA. Journal of Herpetology **30**: 445-447.

GUTLEB B. (1991): Phalangenregeneration und eine neue Methode zur Individualerkennung bei Bergmolchen, *Triturus alpestris* (Laurenti 1768) (Caudata: Salamandridae). Herpetozoa **4**: 117-126.

HAGSTRÖM T. (1973): Identification of newt specimens (Urodela, *Triturus*) by recording the belly pattern and a description of photographic equipment for such registrations. British Journal of Herpetology **4**: 321-326.

HAGSTRÖM T. (1983): Methods used in a population study of newts (*Triturus cristatus* and *Triturus vulgaris*) in SW-Sweden. First Nordic Symposium on Herpetology, Abstract.

HENLE K., KUHN J., PODLOUCKY R., SCHMIDT-LOSKE K. & C. BENDER (1997): Individualerkennung und Markierung mitteleuropäischer Amphibien und Reptilien: Übersicht und Bewertung der Methoden; Empfehlungen aus Natur- und Tierschutzsicht. In: HENLE K. & M. VEITH (Hrsg.): Naturschutzrelevante Methoden der Feldherpetologie. Mertensiella **7**, pp. 133-184.

HERO J.-M. (1989): A simple code for toe-clipping anurans. Herpetological Review **20**: 66-67.

JEMISON S. C., BISHOP L. A., MAY P. G. & T. M. FARRELL (1995): The impact of PIT-tags on growth and movement of the rattlesnake, *Sisturus miliaris*. Journal of Herpetology **29**: 129-32.

JEHLE R. (1996): Das Amphibienprojekt Donauinsel: Ergebnisse und Erkenntnisse einer populationsökologischen Langzeitstudie. Stapfia **47**: 119-132.

JEHLE R., HÖDL W. & THONKE A. (1995) Structure and dynamics of central European amphibian populations: a comparison between *Triturus dobrogicus* (Amphibia, Urodela) and *Pelobates fuscus* (Amphibia, Anura). Australian Journal of Ecology **20**: 362-366.

JOLLY, G. M. (1965): Explicit estimates for capture-recapture data with both death and dilution – a stochastic model. Biometrika **52**: 225-247.

JOLY P. & C. MIAUD (1989): Tatooing as an individual marking technique for amphibians. Alytes **8**: 11-16.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

KAPLAN H. M. (1959): Electric tatooing for permanent identification of frogs. Herpetologica **15**: 126.

KECK M. B. (1994): Test for detrimental effects of PIT tags in neonatal snakes. Copeia **1994**: 226-228.

KLEWEN R. & H. G. WINTER (1987): Beitrag zur Tieftemperatur-Markierung von Amphibien im Freiland – zweiter Nachtrag. Salamandra **23**: 159-165.

KORINEK B. (1990): Wanderaktivität und Populationsstruktur des Donaukammolches *Triturus cristatus dobrogicus* (Amphibia, Urodela) auf der Donauinsel bei Wien - Ein Vergleich der Jahre 1987 und 1989. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Wien.

KREBS C. J. (1988): Ecological Methodology. Harper & Row, New York.

KUHN J. (1994): Methoden der Anurenmarkierung für Freilandstudien: Übersicht – Knie-Ringettiketten - Erfahrungen mit der Phalangenamputation. Zeitschrift für Feldherpetologie **1**: 177-192.

LEMCKERT F. (1996): Effects of toe-clipping on the survival and behaviour of the Australian frog *Crinia signifera*. Amphibia-Reptilia **17**: 287-290.

LOAFMAN P. (1991): Identifying individual spotted salamanders by spot pattern. Herpetological Review **22**: 91-92.

MARTOF B. S. (1953): Territoriality in the green frog, *Rana clamitans*. Ecology **34**: 165-74.

NILSSON O. H. A. (1955): On the larvae development and ecological conditions governing the distribution of the fire-bellied toad, *Bombina bombina* L., in Scania. Acta Universitas Lund **50**: 1-24.

NISHIKAWA K. C. & P. M. SERVICE (1988): A fluorescent marking technique for individual recognition of terrestrial salamanders. Journal of Herpetology **22**: 351-353.

PINTAR M. (1982): Versuche zur individuellen Markierung an Anuren mittels Tätowierung. Salamandra **18**: 348-351.

RAFINSKI J. (1977): Autotransplantation as a method for permanently marking of urodele amphibians (Amphibia, Urodela). Journal of Herpetology **11**: 241-242.

READING C. J. & R. T. CLARKE (1983): Male breeding behaviour and mate acquisition in the common toad, *Bufo bufo*. Journal of Zoology **201**: 237-246.

READING C. J. & DAVIES J. L. (1996): Predation by grass snakes (*Natrix natrix*) at a site in southern England. Journal of Zoology **239**: 73-82.

SCHRAMM H. (1992): Phänologie, Struktur und Dynamik einer Knoblauchkrötenpopulation (*Pelobates f. fuscus* LAURENTI 1768) (Amphibia, Anura) auf dem nördlichen Teil der Donauinsel (Wien): ein Vergleich von vier Untersuchungsjahren. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Wien.

SEIDEL B. (1988): Die Struktur, Dynamik und Fortpflanzungsbiologie einer Gelbbauchunkenpopulation (*Bombina variegata variegata* L. 1758, Discoglossidae, Anura, Amphibia) in einem Habitat mit temporären Kleingewässern im Waldviertel (Niederösterreich). Unveröffentlichte Dissertation, Universität Wien.

PECHMANN J. H. K., SCOTT D. E., SEMLITSCH R. D., CALDWELL J. P., VITT L. J. & J. W. GIBBONS (1991): Declining amphibian populations: the problem of separating human impacts from natural fluctuations. Science **253**: 892-895.

SINSCH U. (1992): Zwei neue Markierunsmethoden zur individuellen Identifikation von Amphibien in langfristigen Freilanduntersuchungen: erste Erfahrungen bei Kreuzkröten. Salamandra **24**: 161-174.

© Biologiezentrum Linz/Austria; download unter www.biologiezentrum.at

SMIRINA E. M. (1972): Annual layers in bones of *Rana temporaria*. Zoolgichesky Zhournal **51**: 1529-1543.

SOUTHWOOD T. R. E. (1978): Ecological Methods with Particular Reference to the Study of Insect Populations. Chapman & Hall, London.

TAYLOR J. & L. DEEGAN (1982): A rapid method for mass marking of amphibians. Journal of Herpetology **16**: 172-173.

WIENER K. (1997a): Struktur und Dynamik einer Knoblauchkrötenpopulation (*Pelobates fuscus fuscus*, LAURENTI 1768) auf der Wiener Donauinsel – ein Vergleich der Untersuchungsjahre 1986, 1987 und 1989 bis 1995. In: HÖDL W., JEHLE R. & G. GOLLMANN (Hrsg.): Populationsbiologie von Amphibien: eine Langzeitstudie auf der Wiener Donauinsel. Stapfia **51**: 165–181.

WIENER K. (1997b): Phänologie und Wanderverhalten einer Knoblauchkröten-Population (*Pelobates fuscus fuscus*, LAURENTI 1768) auf der Wiener Donauinsel – ein Vergleich der Untersuchungsjahre 1986, 1987 und 1989 - 1995. In: HÖDL W., JEHLE R. & G. GOLLMANN (Hrsg.): Populationsbiologie von Amphibien: eine Langzeitstudie auf der Wiener Donauinsel. Stapfia **51**: 151–164.

WIENER K. & A CABELA (1997): Die Ringelnatter *(Natrix natrix)* am Endelteich (Donauinsel, Wien, Österreich). In: HÖDL W., JEHLE R. & G. GOLLMANN (Hrsg.): Populationsbiologie von Amphibien: eine Langzeitstudie auf der Wiener Donauinsel. Stapfia **51**: 215–227.

Anschrift des Verfassers:
Mag. Robert Jehle
Institut für Zoologie der Universität Wien
Althanstraße 14
A-1090 Wien/ Austria
email: robert@zoo.univie.ac.at